

松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价重要进展

(2003-2005 年)

一、项目基本情况

松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价项目是 2003 年由中国地质调查局下达，沈阳地质矿产研究所、吉林省地质调查院、黑龙江地质调查院、吉林大学共同承担的一项基础性区域水文地质调查工作。其中，吉林地调院和黑龙江地调院承担各省区的调查任务，吉林大学承担地下水数值模拟与齐齐哈尔地区地下水水质评及预警系统研究。项目周期为三年（2003-2005）。工作区为松嫩盆地，总面积 18.7 万平方公里。

总体目标任务：

进一步查明松嫩平原地下水系统的空间分布与结构；重点查明第四系含水层系统近 20 年来地下水补给、径流、排泄变化特征及其演化趋势；开展与地下水有关的环境地质问题的调查评价；建立地下水系统数值模拟模型和重点地区水质评价预警模型，对地下水资源与调蓄能力进行评价；开展第三系大安组含水层地下水形成条件及开发利用前景调查；建立松嫩平原地下水资源及其环境问题空间数据库；提出地下水可持续利用与地质环境保护方案；为地下水资源宏观管理和决策提供可靠的科学依据，为全国地下水资源及其环境问题综合评价提供基础资料。

二、工作进展与完成的工作量

按照计划项目设计书的安排，按年度划分为三个阶段，将黑龙江、吉林两省工作区按年度划分为三个工作区，每年完成一块。在每年的工作区内确立重点工作内容和重点work地段，当年完成本年度的野外调查和室内资料汇总、整理和综合研究工作，并完成资料录入建库工作。

目前野外调查工作已全部结束，成果编制和文字编写工作正紧张有序地进行。

（一）野外工作

野外工作自 2003 年 6 月开始，截止 2005 年 10 月中旬，吉林省地质调查院和黑龙江省地质调查院承担的野外调查任务全部结束，并于 10 月 20 日至 11 月 7 日通过了沈阳地质矿产研究所组织的野外验收，质量均评为优秀。三年主要开展了地下水开采现状及其环境

地质问题调查，水文地质钻探和物探，地下水样品采集，地下水动态长期监测，地下水位统测等工作。三年完成的主要实物工作量有：重点区 1：25 万水文地质调查 4.5 万 km²；水文地质钻探进尺 3689.6m；物探电测深点 1244 点；采取各类水质分析样品 2676 组，其中同位素样 270 组；土样 716 件；开展全区丰、枯水期水位统测 4 期，共测得地下水位 8991 点次。

（二）综合研究工作

由于松嫩平原野外调查工作至 2005 年 10 月中旬野外工作才结束，随后进行了资料初步整理，通过了地调院和大区所的检查验收，全区的资料整理与综合研究工作自 2005 年 11 份才真正的开展起来。

1.资料收集情况

（1）工作区内的水文地质、环境地质资料收集比较齐全。

（2）收集了 2003 年社会经济发展资料，但对 90 年代、80 年代和 70 年代的社会经济资料尚未收集。

（3）水文气象资料还有一部分没有收集到，黑龙江部分缺的较多。

（4）水利部门和环保部门的资料收集的不多。

2.专题研究

三年来开展了白城扇形地地下水调节能力研究、尼尔基水库建设对地质环境影响研究、松辽分水岭的形成对水资源分布的影响研究及松嫩平原地下水有机污染现状初步调查。

3.遥感解译成果合成

各地调院的遥感解译于 2005 年 6 月结束，由于数据源不一、解译人员的经验不同，成果差异较大。在张所长的亲自协调下，综合组重新收集了黑龙江省的 86 年 TM 遥感数据和 2000 年的 ETM 数据，遥感解译成果合成工作自 2005 年 10 月下旬开始，目前已完成工作量的 70%。2 月中旬可提交成果。

4.数据库建设

2003 与 2004 年的野外调查资料和部分收集的资料已全部录入了中国地质调查局下发的数据库，2005 年的调查资料正在录入中。

5.基础图件编制与合成

统一处理了地理底图；对已有成果图件——水文地质图，第四纪地质图、地貌图、水资源分布图及水文地质剖面图进行了数字化，由于图件要按新的编图方案和图库重新修改，目前各单位正在进行最终成果图件编制工作。目前完成的图件只有实际材料图。

6. 文字报告编写工作

11 月中旬接到水方所下达的成果编写与图件编制要求（技术要求系列三），随后各工作单位与综合组进行了认真地学习和理解，结合松嫩项目实际情况对其内容进行了适当的调整，重新拟定了总体报告提纲，报告文字编写工作刚刚开始。

(三) 地下水数值模拟

1. 地下水数值模拟

地下水数值模拟工作，在 2004 的工作基础上，进一步校正了钻孔资料，进一步完善了地质结构模型，实现了任意剖面切割和立体表达。系统地分析了研究区的地质结构作水文地质条件，编制了不同时期和不同层位的地下水等水位线图和水文地质参数分布图，对含水层系统的内、外边界条件进行了概化处理，建立了水文地质模型和地下水流数值模型。但由于地下水现状开采量、各项补给量、排泄量以及水文气象资料等缺少较多，模型还无法运转。

2. 齐齐哈尔地区地下水水质预警研究

目前已进行了水量、水质数据的录入建库工作，绘制了包气带岩性图、水文地质图等。构建了地下水水质评价与预警系统的框架和模式。正在修改和完善软件。

三、主要成果

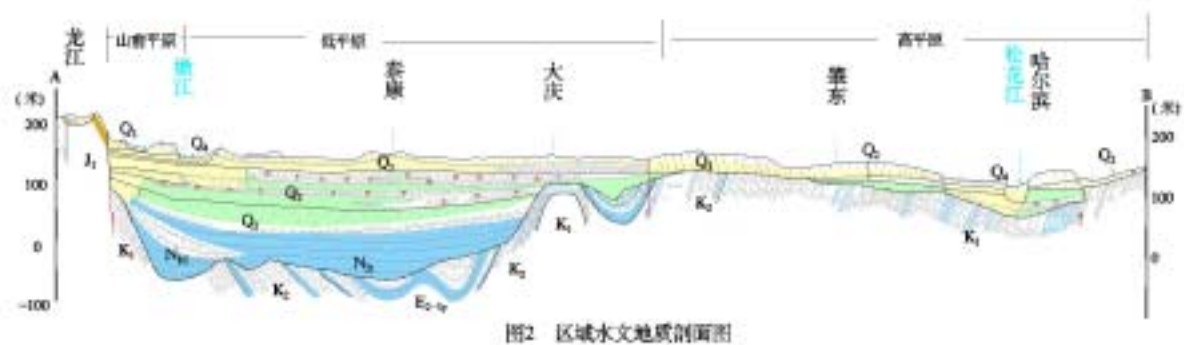
三年来该项目收集和调查取得了大量的宝贵资料，与 20 世纪 80 年代中期利用已有资料编制的报告相比，本次工作一开始就从全流域着眼部署工作。与以前的成果相比，此次工作获取的资料新，收集的资料全、数量多、信息量大，处理方法先进（计算机），成果表达可视化，是一次完整、系统的地下水资源与环境问题调查工作。由于野外工作结束较晚，部分分析测试结果甚至到现在还没有提交（如同位素测试结果），全区的综合研究和报告编写工作刚刚开始，工作量相当大，短时间内很难提交一个令人满意的报告。初步取得的几方面成果如下：

（一）进一步查明了地下水系统结构

1. 含水层系统划分

松嫩盆地在水文地质结构上，是一个由多个含水层组成的特大型潜水—承压水盆地。盆地内存在着白垩系、第三系、第四系多个含水层系统，在不同地貌单元内，含水层系统有着不同的相互叠加组合结构类型。即东部高平原双层含水层结构类型，中部低平原多层

含水层结构类型和西部山前倾斜平原单层含水层结构类型。见图2。



Q₄全新统河谷砂、砂砾石；Q₃上更新统黄土状亚粘土夹粉细砂层；Q₂中更新统冲洪积淤泥质亚粘土夹砂及砂砾石层；Q₁下更新统砂砾石层；N₂新近系上新统太康组砂岩、泥岩；N₁新近系中新统大安组砂岩、泥岩。E₂₋₃古近系依安组砂岩、泥岩；K白垩系泥岩、砂岩；J₃侏罗系火山岩。

东部高平原双层含水层结构类型，是由第四系和白垩系共同组成的含水层系统。上部第四系含水层包括大面积分布的中更新统下荒山组砂、砂砾石及零星分布的下更新统白土山组砂砾石。下部为白垩系裂隙—孔隙含水层或裂隙含水带。第四系以潜水为主，在扶余、榆树、双城、绥化、海伦、肇东—五站盆地承压水。

中部低平原多层含水层结构类型，由第四系、第三系、白垩系多个含水层系统相互叠加组成的一个复合型复杂含水层系统。第四系含水层包括上更新统粉细砂；中—下更新统砂、砂砾石。第三系包括上新统太康组砂岩、砂砾岩；中新统大安组砂岩、砂砾岩；始新统—渐新统依安组砂岩、砂砾岩。由于太康组上部泥岩隔水层部分缺失，所以局部地方太康组与下更新统白土山组组成统一的含水层系统。

西部山前倾斜平原单层含水层结构类型，该类型又可划分为两个亚类，即冲洪积扇形平原和扇间台地类型。扇形平原含水层主要是中上更新统砂砾石，沉积物颗粒较粗，厚度30-50m，富水性好。台地含水层为含高岭土的冰水堆积砂砾石。

2. 修改了部分含水层系统界线

(1) 通过对已有资料的分析和野外勘查，查清了松嫩平原南部边界条件，即无论是潜水，还是第四纪承压水，松嫩盆地与西辽河平原之间没有水利联系，可定性为隔水边界。

(2) 改变了吉林省境内境高低平原之间地层接触关系，即由高平原白垩系与低平原第四系接触改为高平原白垩系与低平原第三系接触，从而改变了高平原地下水与低平原第三系没有水利联系原有结论。

(3) 修改了承压水盆地界线，通过勘探进一步查明了承压水盆地的范围，修正了低平原第四系承压水盆地在肇东县明久乡的界线，盆地范围向东扩约10km。第三系大安组含水

层界线也比原有资料推断的分布范围向北扩展很多,富水性比已有资料推测的大,供水远景比原来预想的好。根据新的资料重新编制了承压水含水层分布图。

3. 深入研究了区域地下水系统特征,修改了原有地下水系统划分界线

松嫩盆地的地下水是一个统一的系统,根据浅层地下水分布的主要控水因素——流域水系、地貌条件、水文地质结构以及区域性地下水分水岭,将松嫩盆地地下水系统划分为 5 个地下水亚系统:即松花江流域高平原亚系统 (I)、嫩江流域高平原亚系统 (II)、嫩江流域山前平原亚系统 (III)、中央低平原亚系统 (IV)、松嫩干流亚系统 (V)。见图3。

松嫩盆地地下水系统的输入系统由降水入渗、河水入渗、灌溉水回渗和侧向地下径流补给组成,其中以降水入渗占主

导地位。输出系统由潜水蒸发、向河流排泄、侧向径流排泄和人工开采组成,其中潜水蒸发和人工开采占重要地位。运转系统则由松嫩盆地地下水系统的 5 个亚系统组成。

盆地总体补、径、排特征:松嫩盆地属于一个大型地下水汇水盆地,在天然条件下,地下水主要从盆地周边获得降水和地表水的入渗补给,之后流向盆地中心。地下水除一小部分在西部冲洪积扇前缘和东部高平原前缘以泉的形式排世外,绝大部分地下水通过盆地中心承压含水层向上越流补给潜水,之后消耗于蒸发,但目前人工开采量已逐渐成为地下水的主要消耗项。地下水流的总趋势是由东部、北部和西部三面山区流入盆地,在第二松花江和嫩江汇流处形成松嫩盆地区域地下水的排泄中心。盆地地下水通过松花江河谷第四系孔隙潜水及河水向东流出本系统,注入东部的三江平原。

(二) 通过专题研究,对研究内容的认识更加深入

1. 通过对松辽分水岭的研究认为,松辽分水岭是松辽平原全新世以来最重要的新构造运动事件,它的形成控制了其周围地区水系的发育及水资源的分布,导致了松嫩统一大湖的解体,使东辽河与西辽河南流,松花江东去,进而影响地下水资源的分布,增加了分水岭周围地区的生态环境脆弱性。



图3 松嫩盆地地下水系统分区

1.区域水文地质剖面线; 2.地下水系统界线; 3.松嫩盆地边界;
4.河流和湖泊; I.松花江高平原地下水亚系统; II.嫩江高平原地下水亚系统; III.大兴安岭山前倾斜平原地下水亚系统; IV.中央低平原地下水亚系统; V.松嫩干流地下水亚系统

2. 通过对白城扇形地的研究认为, 白城扇形地具有得天独厚的修建地下水库的水文地质条件, 扇形地地下水富水性好, 资源丰富, 大部分单井涌水量在 $3000-5000\text{m}^3/\text{d}$ 以上。经初步估算地下水库天然库容约 108 亿方, 调节蓄水库容 30 亿方。流经扇形地的洮儿河, 每年可有 10.89 亿方地表水可作为地下水库的蓄水水源。

3. 尼尔基水库建设对松嫩平原水资源和生态环境影响很大, 它将改变嫩江的天然径流条件, 防洪减灾, 也可能使下游河道来水量减少, 破坏河道生态环境, 改变沿河城镇和居民的用水模式。防洪压力减轻, 泄洪区可能被开垦, 改变河谷生态系统环境。

(三) 掌握了松嫩平原目前地下水流动系统特征和变化

1. 圈定了区域地下水降落漏斗的分布范围以及区域地下水分水岭的位置等

通过四次地下水位统测, 查明了区域地下水场特征, 地下水降落漏斗的分布范围以及区域地下水分水岭的位置等。据调查大庆地区的地下水位下降漏斗面积已达 6250km^2 , 漏斗中心水位降深已超过 50m。哈尔滨市水源地的漏斗范围比 1999 年减小了近 100km^2 。齐齐哈尔城区中心第四系承压水水位下降漏斗面积扩展到 200 多 km^2 。

2. 初步了解了地下水流场的变化

西部倾斜平原与中部低平原区, 60 年代和 2003 年丰水期潜水水位比较, 第四系潜水地下水位平均下降 3—5m。低平原区以林甸县红旗镇—杜蒙县泰康镇—胡吉吐莫镇—他拉哈镇—肇源县古龙镇—新站镇—茂兴镇—头台镇—肇洲镇—安达市昌德镇—大庆市区萨尔图区连线范围内最明显, 部分地区可达 3—8m。河谷平原区第四系潜水水位变化不大。

第四系承压水水位下降主要出现在低平原区, 下降幅度最大的地区是大庆周围地区, 面积约 14400km^2 , 60 年代至 2003 年, 下降幅度 3—5m。其中, 在大庆市的春雷牧场—红骥马场—敖林西伯—创业—龙凤—卧里屯连线范围内, 下降幅度较大, 约 8—15m, 面积约 2160km^2 。下降幅度最大地区在八一新村, 争游村, 红三站一带, 下降幅度 18—25m, 面积约 125km^2 。

第四系承压水水位下降区主要分布在东部高平原城镇集中供水水源地开采区。如海伦地区地下水位下降达幅度 18—25m; 绥化地区下降幅度为 5—10m, 面积约 2880km^2 ; 肇东地区降幅度 5—10m, 面积约 720km^2 ; 哈尔滨—双城地区下降幅度一般在 3—5m 以上。其中, 松花江以南的哈尔滨城区, 已形成面积约 328km^2 下降漏斗, 漏斗中心水位下降近 30m。

3. 通过研究还发现松辽分水岭存在地上和地下两个分水岭, 且不重合。

通过研究还发现松辽分水岭存在地上和地下两个分水岭, 且不重合, 地上分水岭比地下水分水岭向北移 20-30km。松辽地下水分水岭实际上是一条具有流线性质的带, 东西两

侧窄，大兴一带最宽。

(四) 基本查明了松嫩平原地下水开采现状

1. 供水方向

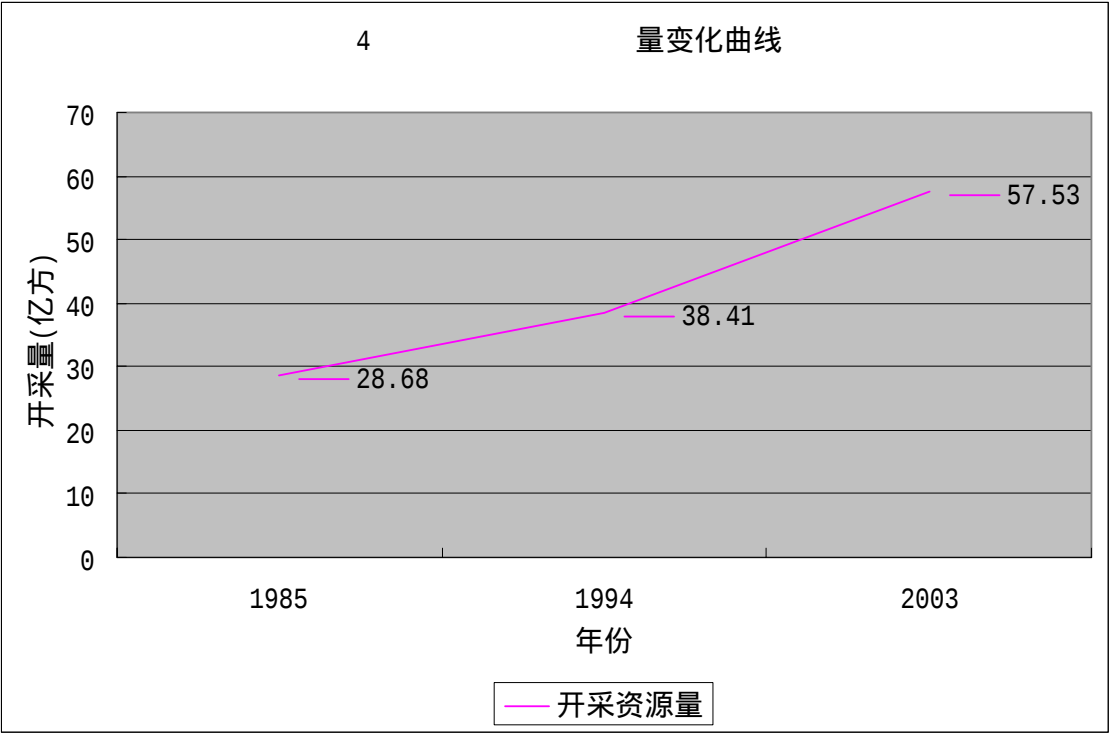
以乡为单位开展了地下水开采现状调查，东部高平原区地下水主要用于工业和生活用水；中央低平原区地下水开采主要用于农业和生活用水，开采方式以民用手压井（可打到70-80m）和农灌机井为主。用水量占地下水开采量的80%以上，主要开采层是第二层地下水（下更新统承压水），大庆和吉林油田以及防病改水井开采的主要是第三系承压水，开采方工是深机井。

西部地下水主要用于农牧业，以浅机井开采为主。

2. 现状开采量

全区2003年地下水开采量为57.53亿立方米，其中东部高平原为18.83亿立方米，中央低平原为15.11亿立方米，西部山前倾倾斜平原为11.74亿立方米，河谷平原为11.93亿立方米。1985年以来地下水开采变化见图4。

全区地下水资源量总体虽不超采。但部分城市地下水开采量已经超过了可利用资源量，形成局部的地下水开采漏斗。大庆市地下水超采量最多，为 $2.06 \times 10^8 \text{m}^3$ ，目前，形成地下水开采漏斗面积5560 km^2 。哈尔滨市近几年由于限制开采地下水，地下水漏斗面积有所减小，1999年为380 km^2 ，2003年为280 km^2 ，四年减少100 km^2 。



（五）第一次大规模开展了地下水水质调查，基本查明了地下水质量现状

本次调查采取地下水全分析样 2406 组，分析指标 40 多种，基本查明松嫩平原目前地下水质量现状、“三氮”和重金属对地下水的污染程度以及地下水中氟、硬度、矿化度等指标的变化趋势。为保护生态环境和发展社会经济提供了基础资料，对今后开展地下水质量评价具有重要的参考价值。

（六）初步建立了水文地质、环境地质资料数据库

过三年来的数据库建设，基本实现了调查资料的数字化。按照中国地质调查局的统一要求和水方所提供的录入软件系统，共录入基础数据表 5522 个。水质分析综合成果表 2290 张。钻孔综合表 1172 个。水文地质钻孔综合地层描述 12802 条。机民井调查记录表 1765 张，其他调查表 211 张。地下水位统测汇总数据 7067 个。长期动态监测记录 2890 个。

（七）通过两期遥感解译成果对比，初步掌握了生态环境动态变化

利用 80 年代中期和 2000 年的遥感数据解译了土地利用、土地沙化、土地盐碱化、地表水体分布和植被覆盖程度，通过对比和空间分析，查明了近 15 年来经济迅猛发展时期的生态环境变化，为水资源评价和生态环境治理提供了依据。据吉林省遥感解译结果，土地盐碱化面积略有增加，但盐渍化程度加重；水域面积减少，湿地严重退化，沙地变化不明显。

（八）地下水数值模拟

全区利用 1167 个钻孔资料建立了地质结构模型，实现了地质剖面任意切割和立体表达。在此基础上概化了水文地质模型，建立了地下水流数值模型，并进行了参数分区，确定了边界条件及两套模拟方案。

1.建立和完善了全区计算机三维地质结构模型

利用 GMS 模型建立了松嫩平原三维地质结构计算机模型，并可以实现剖面的任意切割分析，极大的方便了区域地层结构的分析。由于研究区面积较大（187000km²），地层较多（55 层）且十分复杂，所以对研究区的地质结构进行了两种方式进行处理，即区域模型和县（市）模型。

（1）区域地质结构模型

整个研究区域共划分为第四系含水层、第四系隔水层、第三系含水层、第三系隔水层和白垩系基岩等五层。区域地质结构的编图原则以表达含水层和隔水层为主要目的。

（2）县市模型

县市的地质结构图，岩性划分较细，精度较高，能更好地刻画局部地区的地层特点。

白垩系及以下地层概化为基岩，不对其进行分组研究。

第三系划分到组，统一确定为：泰康组、大安组和依安组，并根据地层的含水性能将岩性简化表述为：砂岩、泥岩和泥岩砂岩互层。

第四系划分到组，岩性简述为：粘性土、砂砾石、淤泥质粘性土、淤泥质砂。

第四系全新统零星分布的风积砂、残积粉细砂因描述的钻孔较少，不进行表达。

(3) GMS 数据的运行

将编辑好的文本导入 GMS 软件进行运行，查找错误并进行修改。

修改后的文件以县（市）为单位正式生成地层三维立体模块，整个区域总共划分为 34 块。

三维立体图生成后再对其进行任意切割，生成各县（市）的地质剖面图。

为了更直观了解各县市的地质情况，需要在生成的立体表面粘贴行政区划图片。首先对整个区域的遥感图片根据需要进行处理，然后将处理后的图片导入 GMS 软件进行粘贴工作。

2. 水文地质模型

(1) 含水层系统的划分

根据钻孔岩性资料，结合最新的水位资料，对含水层的划分做了进一步的调整和核对。确定了潜水含水层底板、承压含水层顶板、底板数据。根据对本区地质和水文地质情况的研究，把内含水层划分为：第四系全新统（Q4）潜水含水层；第四系上更新统（Q3）潜水含水层；第四系中更新统（Q2）含水层；第四系下更新统（Q1）含水层；第三系泰康组和大安组承压含水层。

(2) 含水层系统边界条件的确定

通过对区域水文地质条件和地下水流场的研究确定了含水层系统的外边界、内边界及垂向边界。

(3) 参数分区

参数分区：分为潜水参数分区，承压水参数分区，河流和补给蒸发参数分区。

3. 齐齐哈尔地下水水质预警系统的建立

(1) 应用预警理论建立地下水水质预警的体系，包括污染源、污染途径和污染机理的分析、主要影响因素分析、预警指标体系的建立等。

(2) 状态预警和趋势预警研究，采用多种模式并进行分析对比，预警结果采用图（平

面、立体)表等直观表达方式。

(3) 地下水水质评价与预警的模型, 地下水水质评价采用国家标准和国际上目前普遍使用的模式、应用预警理论, 采用随机、非确定性方法对地下水水质的动态进行研究。

(4) 地下水水质评价与预警系统的计算机编程与实现, 利用 VB、VC 等计算机编程语言进行地下水水质评价功能和预警系统的集成。

地下水水质评价与预警系统具有实时性的特点, 它可以对动态的水质数据进行评价、预测和预警, 为地下水资源的保护和开发利用提供决策支持。

4. 地下水数值模拟模型的建立

利用现有的资料进行了地下水数值模型的建立, 并对模型进行了调试, 实现了模型的运行。采用了两套方案建立模型, 将来可根据模型的调试运转情况确定一种方案开展模拟预报。

第一方案是采用真实层模拟, 即将松嫩平原的地下水系统分成了 7 层(潜水、承压水、泰康组承压水、大安组承压水以及各含水层之间的三个越流层), 将处理后的地层以及水位数据导入其中, 进行模拟。这一方案需要有大量的地层结构的数据。

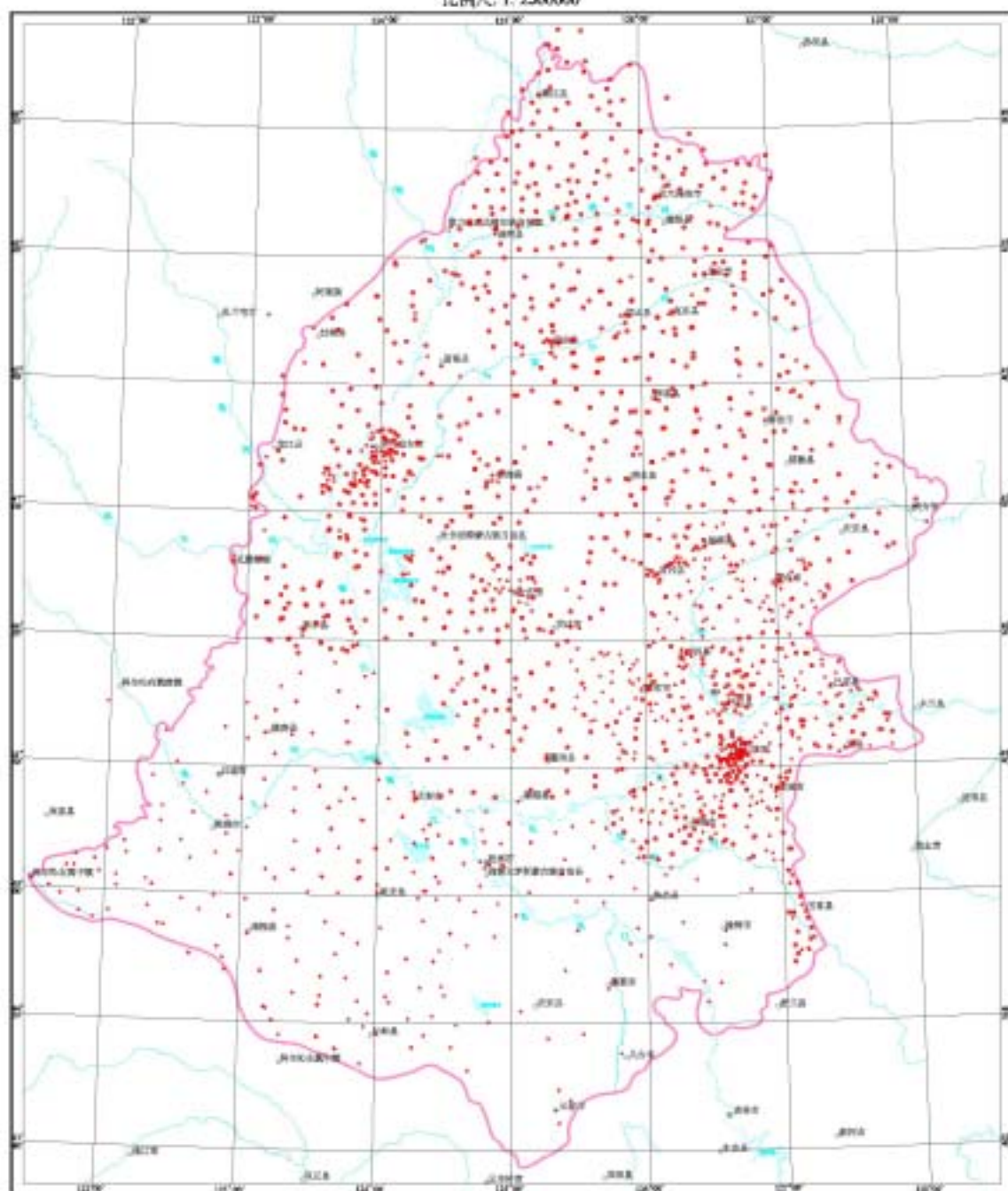
第二方案是采用概化模型, 即将潜水含水层作为一层, 承压水及其上覆越流层作为一层, 泰康组及其上覆越流层作为一层, 大安组及其上覆越流层作为一层。这样将地下水系统分为了四层。各层的边界范围以实际含水层的边界为准。在参数的选择中只给定概化含水层的导水系数, 将各含水层的水位作为其初始水位, 将上部含水层的底板作为下一含水层的顶板。

比例尺: 1:3000000



松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价 野外取样点分布图

比例尺: 1: 2500000



图例

- 水质全分析取样点
- 水质污染分析取样点
- 地下水污染点
- 吉林水网取样点

松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价 同位素取样点分布图

比例尺: 1: 2500000

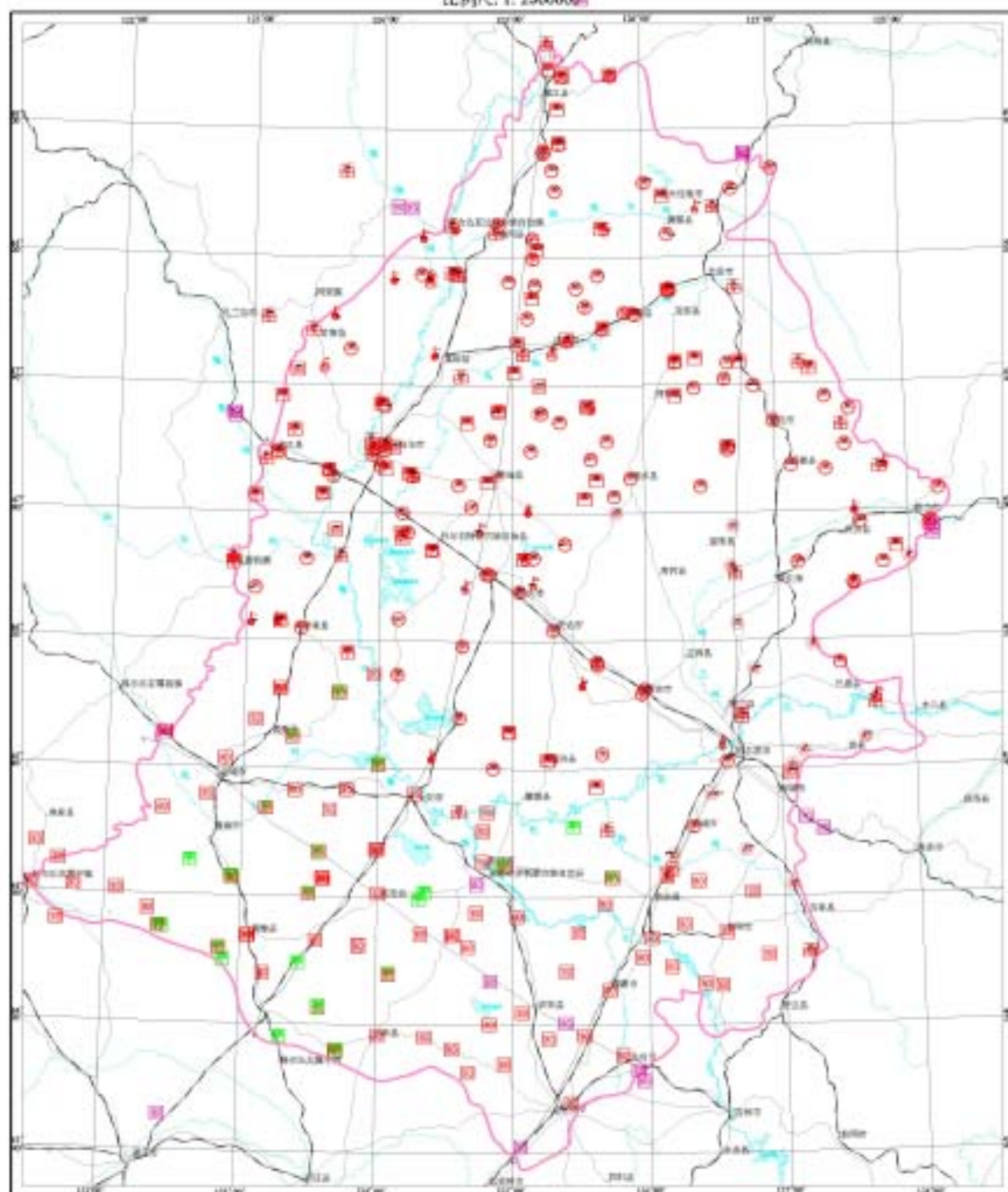


图
例



吉林同位素HOC取样点



吉林同位素HOC取样点

同位素HOC取样点(综合电取样)

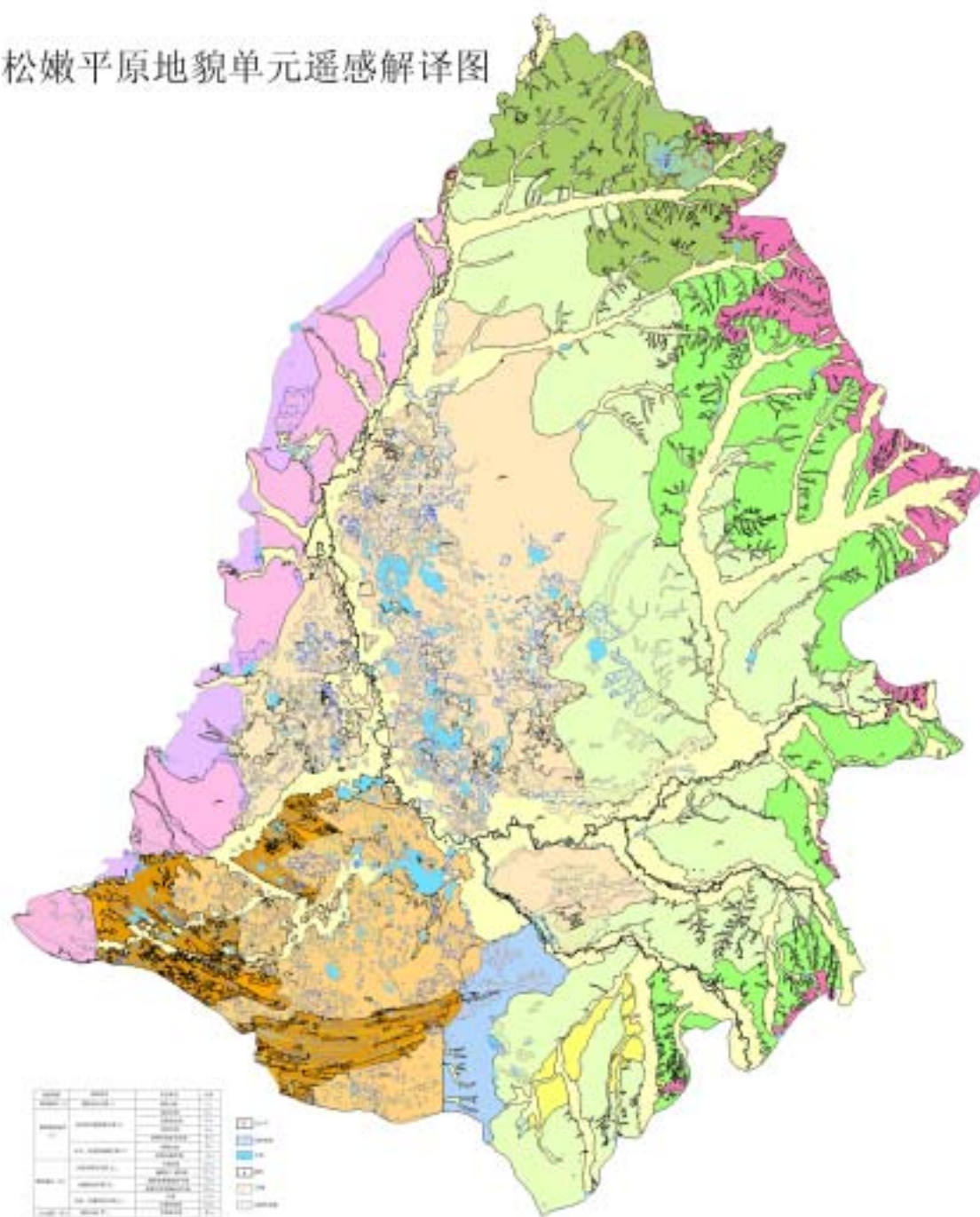


黑龙江抚远同位素取样点

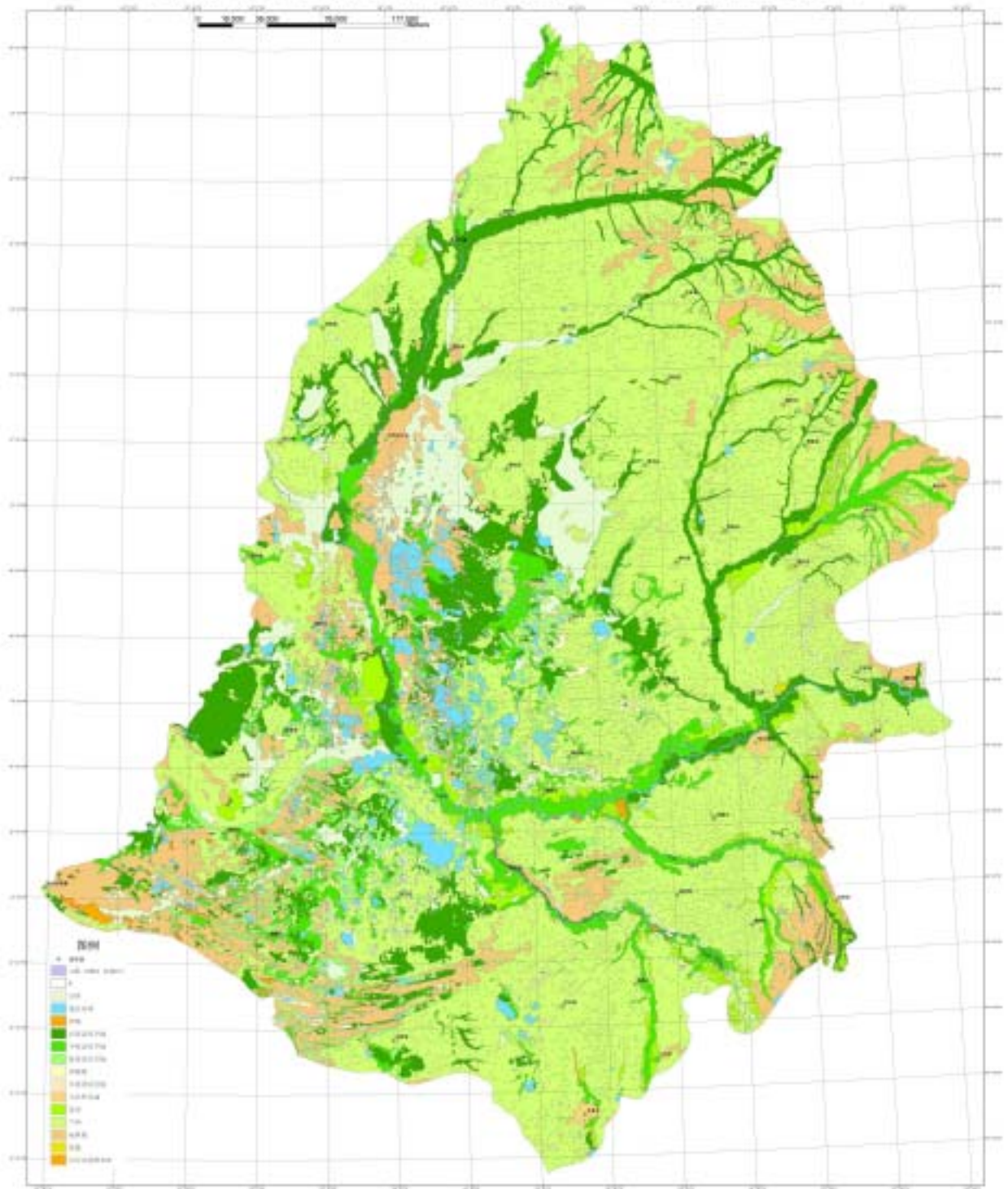


黑龙江抚远同位素取样点

松嫩平原地貌单元遥感解译图



松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价1986年土地利用遥感解译图



松嫩平原地下水资源及其环境问题调查评价2000年土地利用遥感解译图

